

# 에어컨의 기류 및 온도 변동에 따른 인체 순응에 관한 연구

장문간<sup>\*,</sup>, 금종수<sup>\*,</sup>, 조관식<sup>\*\*\*,</sup>, 이기섭<sup>\*\*\*,</sup>, 최광환<sup>\*,</sup>, 정용현<sup>\*,</sup>, 김동규<sup>\*,</sup>, 김형철<sup>\*,</sup>

## Development of Thermal Comfort Sensation in the Variation of Air-velocity and Temperature in Air-conditioner

**요약** 실내 공기조화를 하는 거주역에 대해 온열환경요소의 자극 변화를 통해 실내 에너지를 절약할 수도 있으며 쾌적감도 향상시킬 수 있다. 따라서 본 연구에서는 거주자의 온열감각을 자극할 수 있는 온열요소 중 비교적 영향이 크고 용이하게 제어할 수 있는 온도 및 기류의 변동으로 한국인의 온열감각(온냉감, 쾌적감, 만족감)에 미치는 영향을 실험을 통하여 파악하였다. 온도 및 기류별 실험을 통하여 22℃, 24℃, 26℃의 각 온도에 대한 패케지 에어컨의 강, 중, 약 기류에 대한 인체순응 시간과 인체 변화를 파악하였다. 또한 인체순응시간을 고려한 온도 상승 실험을 통하여 24℃, 26℃에서 1℃온도 상승시 인체의 온열쾌적감의 변화를 파악하였으며 온도 상승을 통한 인체순응시간을 도출하였다. 본 실험을 통하여 초기공조 조건을 24℃로 한 경우 인체순응을 통한 온도 상승으로 30분 후의 공조종기와 공조후기에 온도 및 기류의 지속적인 변동 자극으로 온냉감은 “약간 서늘하다”를 지속적으로 유지하고 있으며 온도상승으로 인한 쾌적존의 높은 온도에서도 기류의 영향으로 쾌적감은 30분 이후부터 “쾌적”을 지속적으로 유지하는 것을 알 수 있었다. 따라서 본 연구를 통하여 인체순응을 고려한 온도 및 기류의 자극을 통하여 공조초기부터 공조말기의 장시간에도 인체가 지속적인 쾌적성을 유지한다는 것을 알 수 있었다.

핵심어 : 온열쾌적감, 인체순응, 온열환경요소, 기류감

### 1. 서론

최근 주택을 비롯한 일반 건물에 대한 요구가 한층 다양화, 고양질화 됨에 따라 에너지 소비가 적으면서도 쾌적한 거주공간을 구현할 수 있는 에어컨의 개발이 강하게 요구되고 있다.

그러므로 쾌적성을 향상시키고 온열쾌적성에 영향을 미치는 온열환경 4요소 중 특히 기류는 동일한 온도영역에서 기류 속도가 증가할수록 인체로부터 열을 많이 빼앗을 뿐만 아니라, 인체와 접촉을 통해 냉각효과를 극대화시킨다. 또한 온열환경요소인 습도 및 복사열을 이용해서 시원함을 얻는 것보다 냉각효과도 크다. 인공적으로 기류를 발생시키는 간단한 방법으로 쾌적존(comfort zone)을 확장시키기 위한 제어에 용

\* 부경대학교 냉동공조공학과

부산광역시 남구 대연3동 599-1 (Tel : 051-620-6444)

\*\* LG Electronics

서울특별시 금천구 가산동 327-23

이하다.

그리고 에어컨은 실내의 운전상황에 따라서 입실초기(공조초기), 중립역 도달시기(공조 중기), 중립역 도달 후(공조 후기)로 나눌 때 인체의 열부하 상태에 따라 급속한 냉방이나 변동적인 자극을 통해 쾌적감을 높일 수 있으므로 온도 또는 기류의 변동을 통해 에너지를 절약할 수 있고, 쾌적감도 향상된 제어를 할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 거주자의 온냉감을 자극할 수 있는 온열4요소 중 비교적 영향정도가 크고 용이하게 제어할 수 있는 온도 및 기류의 변동이 한국인의 온열감각(온냉감, 쾌적감, 만족감)에 미치는 영향을 정량화 하여, 감성data 및 감성평가에 근거한 쾌적감성제어시스템 개발이 본 연구의 목적이다.

## 2. 실험

### 2.1 실험장치

실험의 온도, 습도 및 기류를 만들어 실험하기 위하여 인공환경실험실(4.1m×4.9m×2.7m)을 마련하여 실험하였으며 모든 벽과 천장, 바닥은 충분히 단열을 하여 벽면이 온도와 실내 공기 온도가 거의 같도록 하였다. 또한 임의 기류를 발생시키기 위한 기류발생기는 제작하였으며 온도, 습도는 향온향습기를 이용하여 조절하였다. 다음 그림은 실험실 구성을 나타내고 있다.

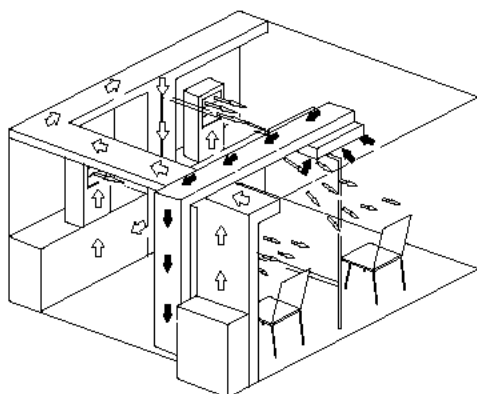


그림 2.1 실험실 구성

### 2.2 실험방법

표 2.1 실험방법

인체순응을 고려한 기류변 실험	
강 풍	22℃, 24℃, 26℃
약 풍	22℃, 24℃, 26℃
미 풍	24℃, 26℃, 28℃

인체순응을 고려한 온도 상승 실험	
24℃ → 25℃	
26℃ → 27℃	
22℃ → 23℃ → 24℃ → 25℃	
24℃ → 25℃ → 26℃ → 27℃	

실험의 시간은 여름철 외부의 상황으로 온도 30℃, 습도50%인 전실에 30분 체제시킨 후 본실에 각각 1시간 30분, 2시간의 실험시간을 통하여 인체순응을 파악하고 인체순응시간을 도출하는 실험을 하였다. 또 인체순응을 고려한 온도상승 실험은 총3시간의 실험을 행하였다.

### 2.3 피험자

피험자는 표준 한국인 20대로 남녀 각각 6명씩 하였다. 모든 피험자들은 구강온도 37℃ 이하이고 정상혈압의 건강한 사람들로 구성되었으며 연령 및 신체적 조건을 표에 나타내었다.

피험자의 체표면적(body area)은 Takahira가 일본인을 위해 제안한 식을 사용했으며 식은 아래와 같다.

$$A = 72.46 \times m^{0.725} \times H^{0.725} \quad (2-1)$$

표 2.2 피험자

피험자	남 자	여 자
피험자수	6	6
나이	21.0 ± 2.8	20.3 ± 1.2*
체중	61.4 ± 7.3	53.8 ± 10.7
신장	172.5 ± 5.5	161.0 ± 3.4
신체표면적	1.72 ± 0.11	1.56 ± 0.15
Ponderal index [kg <sup>0.33</sup> /m]	2.25 ± 0.10	2.30 ± 0.11

\* Mean ± S.D.

## 2.4 의복량

피험자들은 모두 가능하면 표준적인 착의량으로 맞추기 위해 동일한 유니폼을 착용하였다. 의복량을 구하는 방법은 여러 연구자에 의해 제안되어 있으나 본 실험에서는 외국인의 경우와 동일한 계산조건으로 비교하기 위해 의복중량으로 clo치를 계산하는 방법(花田, 1985의 식)을 사용하였고, 식은 아래와 같다.

$$\text{Clo value (male)} = 0.000558 \times \text{의복의 총중량[g]} + 0.068 \quad (2-2)$$

$$\text{Clo value (female)} = 0.001020 \times \text{의복의 총중량[g]} - 0.0253 \quad (2-3)$$

식을 사용해 계산한 결과 남자 0.35clo, 여자 0.35clo로 각각 계산되었다.

## 2.5 대사량(활동량)

피험자는 실험 중 의자에 앉아서 독서 및 가벼운 대화, 설문을 하고 있으므로 기존 실험자료와 비교하여 대사량은 1.1 met로 가정하였다.

## 2.6 설문지

피험자의 주관적인 심리반응을 분석하기 위해 본 연구의 분석으로 사용한 피험자의 주관적 신고설문은 다음과 같다.

표 2.3 설문온열감지표

-3	-2	-1	0	1	2	3
춥다	시늘하다	약간 시늘하다	출기도 뽀시기도 없다	약간 따뜻하다	따뜻하다	워따

표 2.4 설문쾌적감지표

-3	-2	-1	0	1	2	3
대단히 불쾌하다	불쾌하다	약간 불쾌하다	불쾌도 쾌적도 아니다	약간 쾌적하다	쾌적하다	대단히 쾌적하다

## 3. 결 과

### 3.1 인체순응을 고려한 온도 및 기류별 실험

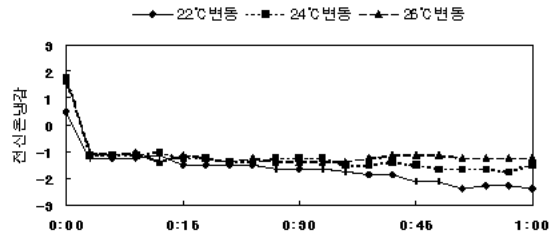


그림 3.1 온도별 평균온열감 (강풍)

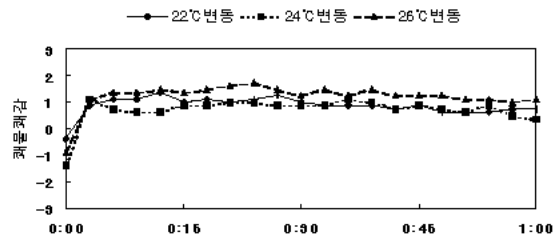


그림 3.2 온도별 평균쾌적감 (강풍)

기류속도가 강풍(0.6m/s전후)인 실험에서는 피험자가 전설에서 본설로 입실한 후 온열감의 경우 낮은 온도와 빠른 기류속도로 인하여 바로 서늘함을 신고하였고, 쾌적감의 경우 온도별로 큰 차이는 없지만 입실 후 1시간 후부터 차츰 불쾌감을 신고하는 것을 알 수 있었다. 본 실험에서 피험자는 온도차의 영향과 기류의 영향에 있어서 온도차에 대한 반응보다는 입실 전 불쾌한 상황에서 입실 후 기류에 대한 반응의 비중이 큰 것을 알 수 있었다.

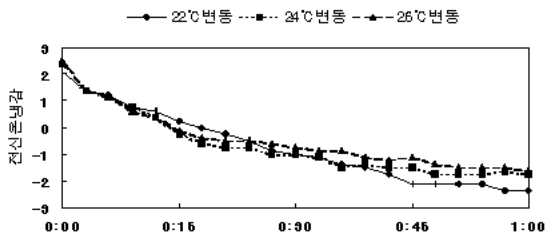


그림 3.3 온도별 평균온열감 (약풍)

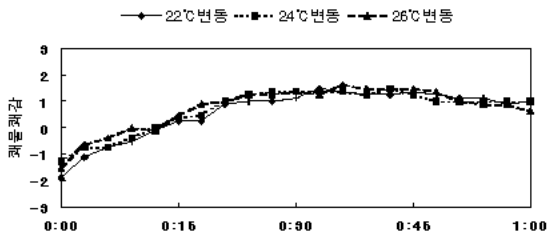


그림 3.4 온도별 평균채적감 (약풍)

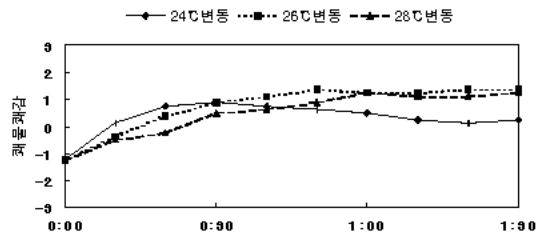


그림 3.7 온도별 평균채불채감 (비풍)

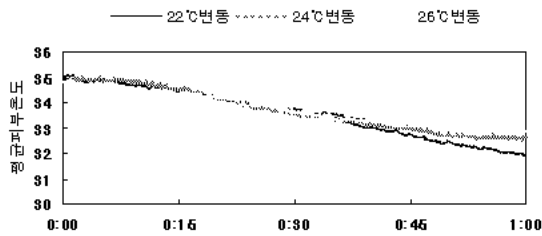


그림 3.5 온도별 평균피부온도 (약풍)

기류속도가 약풍(0.4m/s전후)인 실험에서는 온도가 26°C의 경우 인체순응시간이 대략 40분 정도이며 22°C, 24°C의 경우는 약 30분이 되는 것을 알 수 있었다. 또한 모든 온도에서는 15분 후부터 온냉감은 서늘함을 신고하였고, 채적감은 15분 이후부터 지속적인 채적을 신고하였다. 그리고, 약 50분 전후부터는 점차적으로 불쾌감을 신고하는 것을 알 수 있었다. 실험 40분 후부터는 모든 피험자의 평균피부온도가 채적범위를 벗어나는 것을 알 수 있었다.

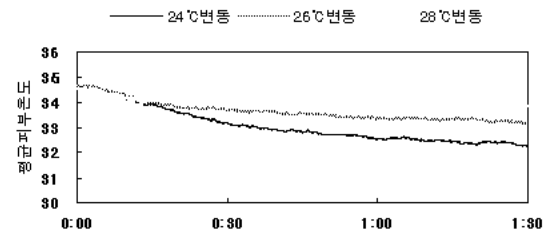


그림 3.8 온도별 평균피부온도 (비풍)

기류속도가 비풍(0.25m/s전후)실험의 경우 각 온도변화에 대한 온냉감의 변화와 평균피부온도의 변화는 거의 유사한 형태를 가지는 것을 알 수 있었다. 28°C의 경우 평균피부온도의 차이가 큰 변화를 가지지 않지만 26°C, 24°C의 경우에는 온도에 의한 온냉감과 채적감이 일정하게 유지되는 10분 이후부터 평균피부온도가 차츰 떨어지는 것을 알 수 있었다.

### 3.2 인체순응을 고려한 온도 상승 실험

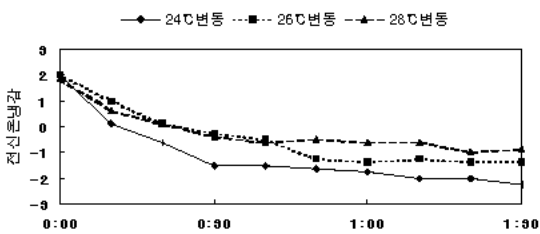


그림 3.6 온도별 평균전신온냉감 (비풍)

기류속도가 비풍(0.25m/s전후)실험에서는 온냉감은 따뜻함을 지속적으로 신고하였고, 변동풍의 낮은 기류속도로 채적감도 지속적으로 채적을 신고하는 것을 알 수 있었다.

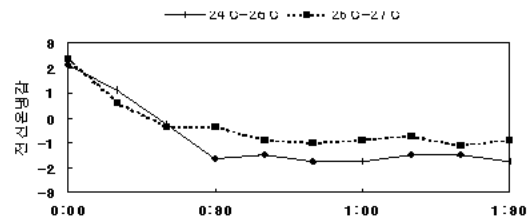


그림 3.9 온도별 평균온냉감

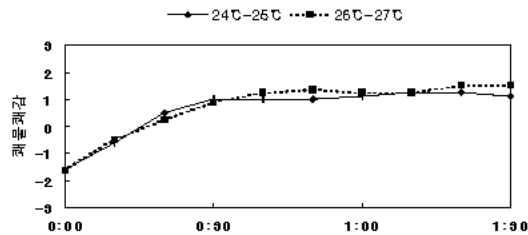


그림 3.10 온도별 평균채적감

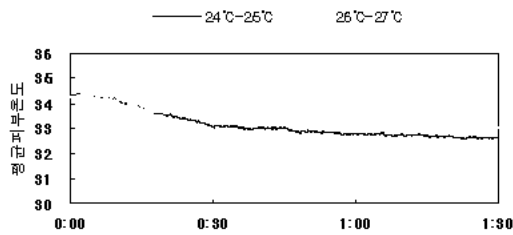


그림 3.11 온도별 평균피부온도

인체순응한계를 고려한 온도상승실험은 기류속도실험에서 도출된 순응한계시간에서 온도를 1°C 상승하여 유지시킨 결과로 온냉감은 실험시간 내내 “약간 서늘하다”를 지속적으로 신고한 후 약 1시간 20분 후부터 “약간 서늘하다”에서 “서늘하다”로 신고하였다. 온열감의 경우 실험시간 1시간까지 쾌적을 신고 후 점차적으로 불쾌감을 느끼기 시작하는 것을 알 수 있었다.

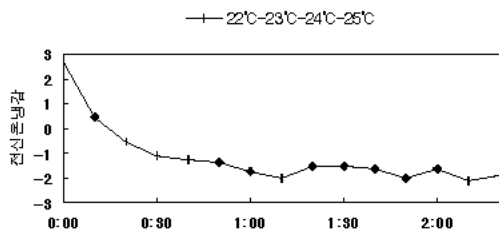


그림 3.12 온도별 평균온열감

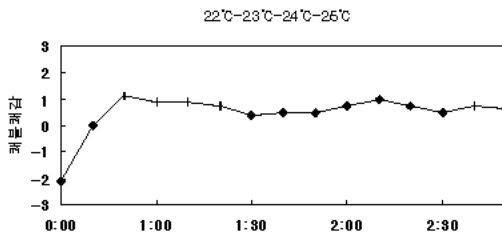


그림 3.13 온도별 평균쾌적감

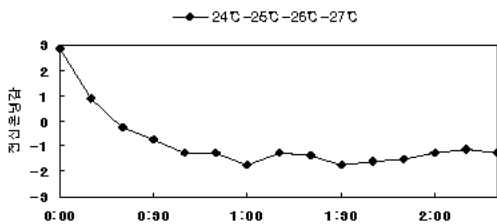


그림 3.14 온도별 평균온열감

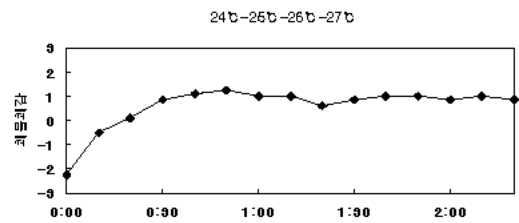


그림 3.15 온도별 평균쾌적감

인체순응 온도상승실험에서 초기온도가 22°C 온도상승의 경우 온냉감은 “약간 서늘하다”와 “서늘하다”를 신고하며 쾌적감도 “어느 쪽이라고 말할 수 없다”와 “약간 쾌적하다”를 지속적으로 신고하는 것을 알 수 있었다.

초기온도 24°C 온도상승 실험의 경우에는 온도를 상승시킨 30분 후부터 온도상승으로 온냉감은 “약간 서늘하다”를 지속적으로 신고하였다. 이것은 온도상승으로 인한 온냉감의 변화가 변동기류를 통하여 일정하게 유지되는 것이다.

쾌적감은 30분 이후부터 쾌적감을 신고하였다.

#### 4 결론

1) 온도 및 기류에 대하여 인체순응시간을 도출하였다. 기류에 대한 민감도가 온도에 대한 민감도보다 더 크게 나타났다.

2) 인체순응한계 시간을 고려한 한계시간에서의 온도 1°C상승 지속 실험은 실험시간동안 온냉감은 “약간서늘하다”, 쾌불쾌감은 “쾌적”을 신고하는 것을 알 수 있었다.

3) 인체순응한계상승 지속실험을 통하여 나타난 결과로 초기온도 22°C → 23°C → 24°C → 25°C 와 24°C → 25°C → 26°C → 27°C의 경우 쾌적존 내에서 온도가 지속적으로 상승하여도 온냉감과 쾌불쾌감 모두가 “약간서늘하다”, “쾌적”, “어느쪽이라고 말할수없다”로 신고하였다.

이상의 연구결과로 에어컨의 기류와 온도를 변동하여 주는 공조방법 사용 시에는 장시간에

어컨 사용에도 쾌적성을 유지하면서 에너지 절약을 기대할 수 있었다.

또한 이와 같은 연구결과로 인체순응공조알고리즘의 기초자료를 구축하였고, 개발된 알고리즘으로 에어컨상품의 제어에 응용되었다.

#### 참 고 문 헌

- 1) F.Rohles, et.al, 1974, "The effects of air movement and temperature on the thermal sensations of sedentary man", ASHRAE Trans, Vol.80, Part 1, pp.101-119
- 2) F.Rohles, et.al, 1983, "Ceiling fans as extends of the summer comfort envelope", ASHRAE Trans, Vol.89, Part 1, pp.245-263
- 3) S.Konz, et.al, 1983, "The effect of air velocity on thermal comfort", Proc. of the 27th Annual Meetings of the Humman Factor
- 4) B. Jones, 1986, "The effect of air velocity on thermal comfort at moderate activity levels", ASHRAE Trans, Vol.92, Part 2B, pp.761-769
- 5) ASHRAE, 1989, "ASHRAE Handbook-1989 Fundamentals", pp.8.1-8.29
- 6) 社団法人 空氣調和冷凍工學會, 1997, "快適な溫熱環境のメカニズム", 丸善, pp.25-52
- 7) 김동규, 1998, "한국인의 온열쾌적감 평가 및 쾌적지표의 적용성에 관한 연구", 부경대학교 박사학위 논문
- 8) 三島由美 他3名, 1984, "變動氣流の人体影響について", 家政學研究(奈良), Vol.30, pp.135-143
- 9) 磯田憲生 他, 1975, "風洞内氣流との關係に關する實驗的研究", 日本建築學會論文集, 第229号, pp.121-181
- 10) 加越哲美 他, 1985, "總合的な溫熱環境指標としての修正濕り作用溫度の研究", 日本建築學會計畫系論文報告集, 第355号, pp.12-19
- 11) TANABE S. et.al, 1987, "Effects of air movement on thermal comfort in air-conditioned spaces during summer season", J. of Architecture, Vol.382, pp.20-30
- 12) 三島由美 他, 1980, 1981, 1982, "室内氣流の体感に及ぼす影響に關する實驗的研究(その2~その4)", 日本建築學會學術講演梗概集, pp.645, pp.655, pp.111
- 13) 中村泰人 他, 1984, "扇風機による室内環境變動の皮膚表面熱流に及ぼす効果", 日本建築學會學術講演梗概集, pp.919